

*Заболотнев В.О., Аникеев А.Н.*

## **О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ЗАМЕНЫ ПРОКАТА НА ПОЛЫЕ ЛИТЫЕ ЗАГОТОВКИ**

*Аннотация.* Работа посвящена исключительно оценке затрат при изготовлении одной и той же детали (вставка типа «Паук») тремя различными методами. Причем затраты оцениваются на основе потребляемой мощности электрооборудования и затрат на материалы, используемых при изготовлении детали.

*Ключевые слова:* стальной прокат, электрошлаковый переплав, электрод, полая заготовка, центробежное литье.

*Abstract.* In this work considered the 3 ways of part manufacturing of «Insert of the “spider”». Calculated the cost price of the items by each method. Made comparison and conclusions on the calculation information basis.

*Keywords:* rolled steel, electroslag remelting, an electrode, a hollow billet, centrifugal casting.

### **Введение**

Одной из основных проблем на производственных предприятиях, занимающихся производством и металлообработкой, является относительно высокая себестоимость продукта, вследствие потерь времени на изготовление, многоэтапной схемы передела и малого выхода годного. Так, например, на предприятии ООО «Южно-Уральская машиностроительная компания», деятельностью которого является изготовление комплектующих частей к буровым установкам в нефтегазовой промышленности, изготавливается деталь «Вставка спайдера». Сутью изготовления является многостадийная механическая обработка из цельного проката, в ходе которого остается большое количество отходов, что ведет к значительному увеличению себестоимости детали. С целью уменьшения затрат предприятия, коллективом авторов были рассмотрены несколько способов изготовления данной детали, рассчитаны затраты на реализацию каждого из способов и предложен более экономически целесообразный.

### **Экспериментальная часть**

В данной работе приведено сравнение трех способов получения детали «Вставка спайдера»: традиционный способ (применяемый на предприятии ООО «ЮУрМК» в настоящий момент), получение полой заготовки методом центробежного литья и электрошлаковым переплавом.

Традиционный способ. Для изготовления детали изначально закупается круглый сортовой металлопрокат на металлургическом предприятии с дальнейшей порезкой под размер (см. табл.1).

Таблица 1

<i>Параметры закупаемого полупродукта</i>				
<i>Марка</i>	<i>Параметры</i>			<i>Цена проката, руб</i>
	<i>Диаметр, мм</i>	<i>Длина, мм</i>	<i>Масса, кг</i>	
18ХГТ	120	210	18	720

После порезки цельного металлопроката далее осуществляют многостадийную механическую обработку в станочном парке ООО «ЮУрМК» (Таблица 2).

Таблица 2

<i>Последовательность операций механической обработки</i>				
<i>№</i>	<i>Наименование операции</i>	<i>Время, мин</i>	<i>Расход энергии, кВт/час</i>	<i>Оборудование</i>
1	Порезка проката	11,98	1,25	UE-918; UE-918; UE 250; Bomar STG
2	Сверление полости	22,49	2,31	16K20; SAMAT 400M; SUI-50;163
3	Торцевание	3,27	0,34	16K20; SAMAT 400M; SUI-50;163
4	Расточка полости	32,71	3,44	16K20; SAMAT 400M; SUI-50;163
5	Обточка наружной поверхности	5,45	0,57	16K20; SAMAT 400M; SUI-50;163
6	Нарезание зуба	15,84	1,65	16A20Ф3; NL 635S/SZ
7	Нарезка канавки	19,80	2,1	6P82Г (горизонтально-фрезерный)
8	Удаление заусенцев	2,49	-	Наждак
9	Порезка на сегменты	10,50	1,1	UE-918; UE-918; UE 250; Bomar STG
10	Фрезеровка сторон	6,49	0,67	BM127M (вертикально-фрезерный)
11	Удаление заусенцев	0,86	-	Напильник
12	Фрезеровка внутренней канавки	1,52	0,16	BM127M (вертикально-фрезерный)
13	Удаление заусенцев	0,62	-	Напильник
14	Клеймение	0,51	-	Ударный принтер

С одного цельного металлопроката после проведения ряда механических обработок получается 4 детали «Вставка спайдера» (рис.1), каждая по 3,6 кг. После, детали подвергают термообработке по режиму закалка-цементация-отпуск (закалка при  $t = 850$  °С, охлаждение в масле, цементация при  $t = 930$  °С, охлаждение в масле, отпуск при  $t = 200$  °С), которая занимает 30 минут времени и затрачивает 3,3кВт электроэнергии.

Таким образом, по полученным данным, была посчитана себестоимость одной детали, по формуле:

$$CP_1 = P_{\text{пр}} + \Sigma P_{\text{эл.эн.}} + P_{\text{т/о}} + P_{\text{отх}}, \text{ где} \quad (1)$$

$P_{\text{пр}}$  – цена проката, руб.;  $\Sigma P_{\text{эл.эн.}}$  – Сумма, энергозатрат на механическую обработку, руб.;  $P_{\text{т/о}}$  – цена, энергозатрат на термообработку, руб.;  $P_{\text{отх}}$  – цена полученных отходов, руб.

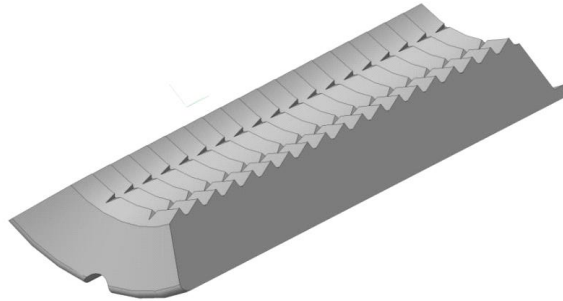


Рис 1. Деталь «Вставка спайдера»

Рассчитываем сумму, затраченной электроэнергии на механическую обработку и умножаем на стоимость 1кВт:

$$\Sigma P_{\text{эл.эн.}} = (1,25 + 2,31 + 0,34 + 3,44 + 0,57 + 1,65 + 2,1 + 1,1 + 0,67 + 0,16) \times 3 = 40,47 \text{ руб.}$$

Из одного цельного металлопроката получается 4 детали, поэтому:  $P_{\text{пр}} = 720/4 = 180$  руб. Также получается, что на одно изделие приходится 1 кг отходов ценой в 40 рублей.

Теперь, зная все параметры, рассчитываем себестоимость детали:

$$CP_1 = 180 + 40,47 + 9,9 + 40 = 270,37 \text{ руб}$$

Таким образом, на изготовление одной детали затрачивается средств 270,37 рублей и 2 часа 44 минуты.

Получение полой заготовки методом центробежного литья.

Данный метод характеризуется разливкой в установку центробежного литья, где под действием центробежных сил, формируется полая заготовка с относительно чистой безуглеродистой поверхностью. Преимуществом данного метода, является возможность получения детали цилиндрической формы, увеличение твердости поверхности (по сравнению с традиционной), возможность упрочнения поверхностей за счет введения дисперсных частиц [1-5].

Технология подразумевает расплавление металлического лома марки 3А в лабораторной индукционной печи АФИ-05 мощностью 12кВт. По времени (плавка, разливка и формирование отливки) вся технология расплавления лома, составляет 41 минуту. Далее, в течение 20 минут, отливка остывает и осуществляется механическая обработка до получения

готовой детали. Механическая обработка представляет собой обточку как наружной, так и внутренней поверхности заготовки, так как сверление и выточка полости уже не требуется. Затраты времени увеличатся до 10 минут, а затраты энергии до 1,04 кВт/час. Цена металлического лома марки составляет 11 руб/кг.

Для изготовления полой заготовки потребовалось 15 кг металлического лома и 1,5 кг производственных отходов (стружка). При формировании отливки в установке центробежного литья решено не учитывать энергозатраты, так как они незначительны, ввиду малого времени работы машины.

Таблица 3

*Поэтапное изготовление детали методом центробежного литья*

<i>Наименование операции</i>	<i>Время, мин</i>	<i>Расход энергии, кВт/час</i>	<i>Оборудование</i>
Расплавление	40	5,5	АФИ-05
Формирование отливки	1	-	Лабораторная установка центробежного литья
Остывание	20	-	-
Механическая обработка	68,63	6,72	см. табл.1
Термообработка (закалка+цементация+отпуск)	25	3,1	ПКЛ-1,2-36

Расчет себестоимости изготовления детали методом центробежного литья рассчитываем по формуле:

$$CP_2 = P_{ш} + \Sigma P_{эл.эн.}, \text{ где} \quad (2)$$

$P_{ш}$  - стоимость шихтового материала, руб.;  $\Sigma P_{эл.эн.}$  – сумма энергозатрат на все технологические операции, руб.

Рассчитываем сумму энергозатрат:

$$\Sigma P_{эл.эн.} = (5,5 + 6,72 + 3,1) \times 3 = 45,96 \text{ рублей}$$

Рассчитываем сумму, затраченную на покупку шихтового материала:

$$P_{ш} = 15 \times 11 = 165 \text{ рублей}$$

Полученные значения подставляем в формулу:

$$CP_2 = 165 + 45,96 = 210,96 \text{ рублей}$$

Таким образом, при производстве детали методом центробежного литья затрачивается 210,96 рублей и 2 часа 34 минуты.

Получение полой заготовки методом электрошлакового переплава. Проблема повышения эксплуатационных свойств полых заготовок и снижения их себестоимости является весьма актуальной и требует своего дальнейшего разрешения. Ведь формирование полости методом горячей

деформации при производстве полых заготовок замкнутой формы, это вынужденное решение, которое использовали металлурги из-за низкого качества литья. Поэтому необходимо получать литые полые заготовки, которые по качеству не уступали бы горячедеформированным. Эта задача успешно решается технологиями на основе электрошлакового переплава.

Для осуществления данного способа ЭШП полых заготовок применяют внутренний кристаллизатор в виде усеченного конуса, который в ходе процесса перемещают относительно выплавляемой детали, что позволяет избежать его зажатия остывающим металлом [9].

Получение полый заготовки данным методом, гарантирует получение плотного, бездефектного слитка, чистого по неметаллическим включениям. Недостатком является, высокая себестоимость, вследствие значительных затрат на электроэнергию. В технологию изготовления детали методом электрошлакового переплава входит: переплав электрода и механическая обработка.

При расчете для получения детали методом ЭШП используется электрод стоимостью 600 рублей и массой 15 кг. Также используется флюс марки АНФ-6-1 стоимостью 136,62 руб/кг. Как известно, масса флюса составляет 4% от массы электрода, тогда масса используемого флюса будет равна 600грамм.

Таблица 4

*Поэтапное изготовление детали методом электрошлакового переплава*

№	Наименование операции	Время, мин	Расход энергии, кВт/час	Оборудование
1	Переплав электрода	60	28	Лабораторная установка электрошлакового переплава
2	Остывание	20	-	-
3	Обточка наружной поверхности	6,48	0,67	16K20; SAMAT 400M; SUI-50;163
4	Нарезание зуба	16,54	1,79	16A20Ф3; NL 635S/SZ
5	Нарезка канавки	20,65	2,23	6P82Г (горизонтально-фрезерный)
6	Удаление заусенцев	3,51	-	Наждак
7	Порезка на Сегменты	11,73	1,25	UE-918; UE-918; UE 250; Bomar STG
8	Фрезеровка сторон	7,88	0,79	BM127M (вертикально-фрезерный)
9	Удаление заусенцев	1,59	-	Напильник
10	Фрезеровка внутренней канавки	2,32	0,25	BM127M (вертикально-фрезерный)
11	Удаление заусенцев	1,15	-	Напильник

Расчет себестоимости детали полученной методом электрошлакового переплава будем производить по формуле:

$$C_3 = P_{эл} + \sum P_{эл.эн.} + P_{фл}, \text{ где} \quad (3)$$

$P_{эл}$  – цена, затраченная на покупку электрода, руб.;  $P_{фл}$  – цена, затраченная на покупку флюса, руб.

Цена электрода 600 рублей, но так как переплавленный объем будет на 4 детали, необходимо рассчитать себестоимость одной:  $P_{эл} = 600/4=120$ . Сумму затраченной электроэнергии считаем из данных приведенных в таблице 4.

$$\Sigma P_{эл.эн.} = (28 + 0,67 + 1,79 + 2,23 + 1,25 + 0,79 + 0,25) \times 3 = 104,94 \text{ рубля}$$

Стоимость флюса за 600 граммов составит 81,97 рубль (при стоимости 1кг 136,62 рублей).

Имея все данные для расчета, подставляем их в формулу и считаем себестоимость:

$$CP_3 = 120 + 104,94 + 81,97 = 306,81 \text{ рублей}$$

В итоге себестоимость детали, полученная методом электрошлакового переплава, составляет 306,81 руб, затрачено времени 2 часа 31 минута и деталь получается повышенного качества без проведения термообработки.

## Выводы

Таблица 5

*Сравнение трех способов по двум основным показателям*

<i>Способ</i>	<i>Время, мин</i>	<i>Себестоимость, руб</i>
Традиционный	2,44	270,37
Центробежного литья	2,34	210,96
ЭШП	2,31	306,81

Проанализировав данные в таблице 5 можно сделать следующие выводы:

1. Способ центробежного литья, относительно традиционного способа, имеет меньшую себестоимость и затрачивает меньше времени на изготовление детали. Значительная разница в цене объясняется большим количеством отходов (на 3,6 кг изготовленной детали выходит 1 кг отходов) и дополнительными операциями по механической обработке при реализации традиционного способа.

2. Заготовка после электрошлакового переплава не требует термообработки и имеет, относительно традиционного способа и способа центробежного литья, повышенные качества заготовки.

3. Относительно двух других методов, электрошлаковый переплав более энергоемкий, однако, для уменьшения себестоимости переплава разработан способ переплава с вращением расходоуемого электрода, который уменьшает энергетические затраты на 30-35% [6-10], что снизит себестоимость детали до 277,51 рублей.

*Работа выполнена в рамках ГЗ №11.1470.2014/К, а также поддержана Минобрнауки по договору 14.Z56.15.7690-МК.*

### ***Библиография***

1. Иванько Е.К. К вопросу о теоретических основах центробежного литья // Литейное производство. - № 2 - 2010. - С. 37- 40.
2. Чуманов В.И., Чуманов И.В., Пятыхин Д.А., Аникеев А.Н. Способо формирования трубной заготовки // Патент 2381087, Российская Федерация, МПК В 22 D 13/02 – 2010. - №2008128977/02.
3. Чуманов В.И., Чуманов И.В. Аникеев А.Н. Упрочнение поверхностных слоев при формировании полой заготовки методом центробежного литья // Электromеталлургия.- № 1- 2010.- С. 33- 36.
4. Чуманов В.И., Чуманов И.В. Повышение эффективности электрошлакового процесса и улучшение качества металла вращением расходуемого электрода. Часть 1 // Электromеталлургия- № 8- 2009. - С. 11- 17
5. Чуманов В.И., Чуманов И.В. Повышение эффективности электрошлакового процесса и улучшение качества металла вращением расходуемого электрода. Часть 2 // Электromеталлургия- № 9- 2009. - С. 36- 41.
6. Чуманов И.В., Чуманов В.И., Аникеев А.Н. Получение дисперсно-упрочненных полых заготовок для роторных диспергаторов // Металлург. - № 6 – 2011. – С.69 – 72.
7. Чуманов И.В., Аникеев А.Н., Иванов В.И., Чуманов В.И. Математическое моделирование распределения упрочнения фазы в центробежнолитых заготовках // Литейное производство. - № 9 – 2010. – С. 34 – 36.
8. Чуманов И.В., Порсев М.А. О возможности получения многослойных слитков электрошлаковым переплавом // Электromеталлургия - № 4 - 2010. - С. 13-17.
9. Чуманов, И.В. Чуманов В.И., Пятыхин Д.А. Способ получения полого слитка электрошлаковым переплавом // Патент 2413016, Российская Федерация, МПК С 22 В 9/18 - 2011. - № 2009123712/02.
10. Чуманов И.В., Чуманов В.И. Расчет движения капли электродного металла в шлаке // Известие вузов. Чёрная металлургия - № 12 -1995. - С. 22- 23.